ISSN 1561-5359. Штучний інтелект, 2017, № 2

УДК 004.942

В.Г. Писаренко[1], С.В. Корнеев[2], А.В. Кузько[3]
[1] Институт кибернетки имени В.М. Глушкова НАН Украины, Украина
пр. Академика Глушкова, 40, г. Киев, 03680 МСП
[2]Консорциум «BaltRobotics», Украина, Польша
ул. Б. Васильковская, 43, кв. 38, г. Киев, 01004
[3]Национальный антарктический научный центр МОН Украины, Украина
бул. Т. Шевченко, 16, г. Киев, 01601

О ПРИМЕНЕНИИ ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ЛЕДНИКОВ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ

V.G. Pisarenko[1], S.V. Korneev[2], A.V. Kuzko[3]
[1] V.M. Glushkov Institute of cybernetics of National academy of sciences of Ukraine, Ukraine
40, Academician Hlushkov av., Kyiv, 03680
[2]«BaltRobotics» sp.z.o.o, Ukraine, Poland
43, B. Vasilkovskaya str., fl. 38, Kyiv, 01004
[3]National Antarctic Scientific Center of MES of Ukraine, Ukraine
16, bul. T. Shevchenko, Kyiv, 01601

ABOUT APPLICATION OF UNDERWATER ROBOTS FOR EXPEDITIONARY TASKS FOR THE MONITORING OF GLACIERS ON CONTINENTAL SHELF OF THE EASTERN ANTARCTICA

Излагаются доводы в пользу экспедиции в Восточную Антарктиду для обеспечения данных прогнозирования тектонической и вулканической деятельности с целью изучения таяния ледников. Указана возможность применения элементов информационной технологи «УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП» для доставки измерительных сенсорных комплексов в зону ледника континентального шельфа.

Ключевые слова: Антарктида, подводный робот, тектоническая деятельность.

The article describes the arguments about the expedition in East Antarctica for predicting volcanic activity for study the melting of glaciers. The possibility of using the elements of the "CONTROL_TEI" technology for the delivery of measuring sensor complexes to the glacier zone of the continental shelf is indicated.

Keywords: Antarctica, underwater, robot, tectonic activity.

Вступление

Авторы излагают свои доводы о целесообразности использования в экспедиционных работах, в частности, сейсмографов и новейших технологий исследований техно-экологических происшествий (ТЭП), разработанных в Институте кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины, с применением оригинальных подводных автономных аппаратов Консорциума BALTROBOTICS, имеющих видеосвязь и специальные технологии искусственного интеллекта (см. рис.1). Создана подводная «система видения» подвижных близких и удаленных объектов в режиме гидроакустического молчания приёмопередатчика.

Система не использует излучения в виде каких-либо активных зондирующих (виброакустических) импульсов, но выдает меняющуюся во времени 3D картину остановки с движущимися или квазистатическими предметами в зоне наблюдения [1].

Постановка проблемы

Актуальной является оценка рисков активизации таяния ледников Антарктиды из-за возможного влияния местной вулканической активности (например, при малом энерговыделении). Уместно отметить, что известно, по крайней мере, не менее 36

таких вулканов на этом континенте, из которых один вулкан извергался в XIX столетии, два извергалось в XX столетии и два – в XXI столетии [1].



Рис.1. Исследовательский робот подводного базирования Консорциума BALTROBOTICS

Анализ последних исследований

Данная статья стимулирована практической задачей отыскания в упавших метеоритов или признаков вулканической деятельности под слоем льда несущих геофизические и геохимические эффекты как в толще снега или льда, так и вблизи поверхности ледового покрова однородной среды (типа снег и/или лед, характерные для Антарктиды).

Указанные исследования проводятся в результате замысла авторов организовать и выполнить экспедиционные работы в Восточной Антарктиде с намерением получить, по возможности, непосредственную регистрацию:

1) ожидаемых признаков корреляции (в пространстве-времени) активизации тектонической и вулканической деятельности на Антарктическом континенте;
2) наблюдаемых признаков ускоренного таяния некоторых ледников на локальных территориях континентального шельфа.

По результатам экспедиции предполагается обеспечить информационную базу для получения средств прогнозирования зон и периодов ожидаемой активизации тектонической и вулканической деятельности на ряде территорий Антарктического континента. Планируется использовать для этих целей признаки возможной общности генезиса «вулканических популяций» Южной Америки и Западной Антарктики, на что указывают, в частности, недавние результаты глубоководного бурения океанического дна пролива Дрейка, а также ожидаемая прогнозируемость слабых землетрясений земных пород, покрытых антарктическими ледниками.

О признаках былого единства тектонического пояса между Южной Америкой и Западной Антарктикой. В работе [2] с учетом данных, полученных, в частности в 21-ом и 29-ом рейсах НИС «Академик Борис Петров» и в экспедиции АНТ-19/5 НИС «Поляриштерн», экспедиционными исследованиями в Украинских Антарктических экспедициях (с применением геоэлектрических методов исследований и становления короткоимпульсного зондирования) приведены веские доводы о том, что «с раскрытием океанских ворот Западной Антарктики связывается возникновение Циркум-Антарктического течения, развитие оледенения Антарктиды и общее похолодание климата Земли». При этом в указанной работе [2] отмечается, что «тектонические структуры пролива Дрейка и моря Скоша следует рассматривать как единый тектонический пояс, в котором континентальный мост между Южной Америкой и Западной Антарктикой испытал в прошлом растрескивание и региональные погружения». Авторы [2] также приводят доводы, что по истории

формирования осадочного покрова в проливе Дрейка и в море Скоша континентальные мосты были разрушены в прошлом (от 30 до 15 млн. лет назад). В работе [2] указано, что «судя по времени первого прорыва тихоокеанских вод с формированием Циркум-Антарктического течения погружение соответствующего литосферного блока пролива происходило в период 30-22 млн. лет назад, достигая глубины 5000-4000 м».

Цель исследования

Авторы оценивают целесообразность экспедиционных работ в Восточной Антарктиде. По результатам экспедиции предполагается обеспечить информационную базу для получения средств прогнозирования зон и периодов ожидаемой активизации тектонической и вулканической деятельности на ряде территорий Антарктического континента для изучения наблюдаемых признаков ускоренного таяния некоторых ледников на локальных территориях континентального шельфа.

Гипотеза авторов об ожидаемой корреляции во времени сейсмоактивности Южных Андов и Восточной Антарктиды. Авторы работы на основании приведенных в п. 1 доводов о возрасте пролива Дрейка (как возникшей, как сказано выше, около 30 млн. лет назад бреши в древней единой вулканической цепи, охватывающей Анды Южной Америки и древнюю вулканическую цепь нынешнего Антарктического полуострова) выдвигают достаточно правдоподобную гипотезу о вероятной общности базовых тектонических механизмов активности вулканической цепи юга горной цепи Андов и древней вулканической цепи нынешнего Антарктического полуострова. В пользу названной авторами статьи гипотезы свидетельствуют результаты новейших исследований рельефа дна (и ряд геофизических технологий съемок в сочетании со сбором геологических образцов), которые сводятся в [2-5] к предположению о существовании там большого реликта континентального моста между Южной Америкой и Западной Антарктикой – палео-Земли Скоша. В случае справедливости указанной авторской гипотезы о вероятной общности базовых тектонических механизмов современной активности вулканической цепи Южных Андов и древней вулканической цепи нынешнего Антарктического полуострова, можно ожидать, что периоды активизации сейсмической активности в ряде районов Антарктиды могут в определенной мере коррелироваться во времени с периодами активизации сейсмической активности на юге горной цепи Андов. Хотя на Южном континенте такую сейсмоактивность следует ожидать на значительно более низком энергетическом уровне, чем в Андах.

Об актуальности регулярных целевых экспедиционных наблюдений за упомянутыми процессами проникновения более теплых масс океанической воды в зону ледников континентального шельфа. В последнее время в литературе и информационных сетях появляются сообщения о признаках ускоренного таяния некоторых прибрежных участков крупных ледников континентального шельфа Восточной Антарктиды, и, при этом, имеется ряд доводов о формировании своеобразных проходов («туннелей») в основании ряда шельфовых ледников, через которые более теплая вода (привнесенная Циркум-Антарктическим течением) получает доступ в толщу (или под основание) такого ледника, способствуя тем самым более быстрому таянию данного ледяного массива. В информационных источниках фигурирует немало размышлений о том, что если ускоренное таяние ледников Антарктики превысит некоторые пределы, то это повышает вероятность в

конечном итоге появления существенных климатических изменений на планете [5]. В этих условиях приобретает особую актуальность задача организации регулярных целевых экспедиционных наблюдений за упомянутыми процессами локального проникновения внутрь шельфовых ледников более теплых масс океанической воды. По мнению авторов, следует ориентироваться на использование целевых наблюдений с применением подводных роботов с искусственным интеллектом в зонах под ледниками антарктического шельфа, не доступных надводным исследовательским судам. Такая деятельность представляется целесообразной не только для задач объективного выявления и количественной оценки темпа таяния ледника, но и для выявления первопричин таких явлений. Авторы данной статьи полагают, что одной из таких причин может быть появление значительных трещин в ледниковом массиве из-за некоторых недавних тектонических движений горных пород, на которые опирается донная часть ледникового массива. Альтернативной причиной может оказаться возникновение локального прогрева массива пород (которые исполняют роль ложа для ледника), вызванного первой стадией активизации вулканической деятельности в шельфовых зонах ледников Антарктики. В каждой из двух названных ситуаций можно ожидать достаточно активного таяния тех частей ледника (в его толще или в основании) континентального шельфа, куда будет проникать более теплая вода из Циркум-Антарктического течения.

О рисках землетрясений (ЗТ) в Антарктической плите. Учитывая задачу прогнозирования землетрясений в вышеуказанной работе [6] на примере вулкана Корякский, впервые описан и апробирован метод определения механизмов активизации очагов с использованием поляризации первых вступлений *P*-волн, который пригоден при прогнозировании слабых ($M \approx 1$) вулканических землетрясений. Так как в Антарктической плите следует ожидать, прежде всего, слабых землетрясений вулканической природы, то, помимо вышеупомянутой методики, описанной в работе [6], уместно напомнить, что активизация очагов землетрясений на данной территории может быть предсказана не только путем измерений поляризации первых вступлений *P*-волн и выявления признаков вероятной активизации вулканической деятельности, но и квазипериодическим во времени влиянием на «местную эффективную силу тяжести» из-за суммарного гравитационного влияния движения по орбитам планет Солнечной системы и Луны [7-9].

О ряде признаков ускоренного таяния некоторых участков ледников континентального шельфа Восточной Антарктиды. Следует учесть результаты исследований Эндрю Ллойда, который установил исследовательские сейсмометры на Западно-Антарктической рифтовой системе и Земле Мэри Бэрд летом в южном полушарии в 2009-2010 гг. Вернувшись в конце 2011 года, он проехал на снегоходе более 1600 км и обработал информацию, полученную его приборами благодаря отражению глубинных землетрясений за период с января 2010 года по январь 2012 года. На основе этой информации была создана карта скоростей распространения сейсмических волн под названной рифтовой долиной. На подобных картах виден гигантский пузырь супергорячей горной породы на глубине почти 100 км под горой Сидли (Берег Хобса) – последнем из цепи потухших вулканов на Земле Мэри Бэрд. К удивлению геофизиков, приборы также показали наличие горячей горной породы под впадиной Бентли – глубокий бассейн, расположенный на противоположном конце рифта от Сидли. Высказывалась гипотеза о том, что обнаруженная горячая порода может указывать на то, что эта часть рифтовой системы была активна совсем недавно [10].

Актуальность использования подводных мобильных робототехнических комплексов с элементами искусственного интеллекта для задач проекта. Доставка измерительных сенсорных комплексов в зону регистрируемого таяния конкретного ледника континентального шельфа (по причине проникновения более теплых океанических вод в толщу ледникового основания) потребует использования соответствующих подводных мобильных робототехнических комплексов с элементами искусственного интеллекта, разрабатываемых при участии разработок одного из авторов данного сообщения – Корнеева С.В. – президента Украинско-польского консорциума (http://www.baltrobotiocs.com). Он – соавтор ряда успешных международных проектов по созданию и коммерческому применению подводной интеллектуальной робототехники, включая проекты PETRONAS (Malaysia), DARPA (USA), Hollywood (USA) и многие другие успешно реализованные проекты, потребовавшие доставки интеллектуализированных подводных сенсоров и соответствующих измерительных интеллектуализированных сенсорных комплексов для экстремальных условий морской среды (во многом сходной с зоной таяния конкретного ледника). Корнеев С.В. имеет 3 международных патента, награжден медалями международных конкурсов: Gold Medal of Brussel Exhibition «EUREKA-2006», Medal of DARPA «Grand Challenge-2005» и рядом других престижных международных наград за разработку, изготовление и успешное применение для ряда актуальных задач интеллектуализированных подводных роботов и соответствующих измерительных сенсорных комплексов для подводных роботов. С.В. Корнеев с группой партнеров и сотрудников впервые в мире разработал и успешно испытал технологию подводной видеосвязи, а затем применил эту технологию для инспекции на герметичность морских подводных трубопроводов нефти и газа (включая видеосвязь для глубин до 300 м и дальность передачи сигналов до 300 м для задач обеспечения катодной защиты подводных трубопроводов по заказу топливно-энергетических концернов Сингапура и других заказчиков).

О тенденциях вариаций площади морского льда на континентальном шельфе Антарктиды и поиске факторов сезонной предсказуемости мощности ледового покрова. В работе [11] отмечается, что площадь морского льда в Антарктиде увеличивается в течение большинства месяцев года, с максимумом в марте-мае, как переходном сезоне с формированием сезонного льда. В течение летнего сезона к западу от Антарктического полуострова обнаружено многолетнее отступание морского льда на фоне значительных межгодовых колебаний. Аномалия в состоянии ледового покрова сопровождается аномалией в полях температуры воздуха и поверхности океана и обуславливается определенным типом циркуляции атмосферы. Наступание морского льда во время летних сезонов наблюдается на фоне отрицательной аномалии температуры воздуха и южной составляющей ветров. Исследование позволило найти потенциал сезонной предсказуемости аномалии ледового покрова. В число предикторов вошли индекс Эль-Ниньо, индексы региональной циркуляции атмосферы, температура воздуха и морской воды в районе станции «Академик Вернадский». Для оценки развития аномалии нужно выявить момент начала весеннего отступания льда, связанного с переходом температуры морской воды через 0°С. Важное прогностическое значение имеет сохранение знака ледовой аномалии в течение сезона. В работе отдельно проанализирована ледовая аномалия летнего сезона 2011–2012 гг., когда на станции «Академик Вернадский»

впервые за много лет был прерван плановый ход сезонных работ. Показан тип атмосферной циркуляции, благоприятствующий развитию ледовой аномалии.

Тенденция повышения температуры воздуха региона Антарктического полуострова в течение последних десятилетий, значимая для объективного выявления причин таяния отдельных ледников. Как известно, климатическая система региона Антарктического полуострова функционирует последнее время в условиях повышения температуры воздуха. При этом временные рамки регионального потепления во многом аналогичны глобальным изменениям, а также потеплению в регионах Северного полушария, в том числе в Арктике, на Аляске, в Центральной Сибири и большинстве стран Европы. С потеплением в первую очередь связано сокращение регионального оледенения, в том числе, разрушение шельфовых ледников. С другой стороны, региональное потепление в регионе контрастирует со слабовыраженными тенденциями в континентальной Антарктике, где покровное оледенение формирует собственный климат из-за удаленности от источников тепла. В работе [12] затрагивается связь наблюдаемого потепления Западной и охлаждения Восточной Антарктики с данными о неоднородном распределении геомагнитного поля и с результатами изменений плотности озона. Эти результаты созвучны, в определенной мере, предварительным результатам исследований, проведенным под эгидой НАСА, которые показали, что площадь и масса льдов на южном полюсе Земли не сокращается, а временно растет за счет накопленного за последние 10 тысяч лет снега (по сообщениям пресс-службы организации). При этом отмечается, что полученные НАСА данные не противоречат тому, что Антарктика теряет все большее количество льда в окрестностях Антарктического полуострова и побережья западной части континента (см., например, выводы работы [13]), но, как будто, полученные оценки динамики ледяного покрова в Восточной Антарктике и для внутренних регионов на Западе континента склоняют к гипотезе, что прирост льда в этих районах превышает потери [14-17].

Применение элементов технологии «УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП» для доставки измерительных сенсорных комплексов в зону регистрируемого таяния конкретного ледника континентального шельфа. В Институте кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины проводится теоретическая разработка, исследования и практическая реализация методов и средств, которые составляют информационную технологию (ИТ) исследовательского проектирования, включая информационное, математическое, алгоритмическое, программное, техническое, организационное обеспечение интеллектуализированных роботов для разведки и нейтрализации опасных ТЭП происшествий.

Исследования проводятся по следующим общим направлениям:

1) создание принципов структурирования проблемы создания интеллектуальной системы «УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП» в целом, включая создание всей информационно-аналитической системы (ИАС) управления функционированием технопарка интеллектуализированных роботов (ТИР), – ИАС_tir, концепции ТИР, а также реализацию концепции и непосредственно ТИР для конкретных предметных областей;
2) разработка компонент ИТ для создания технопарка ТИР, включая разработку универсальных принципов структурирования как классов ТЭП, так и оптимального синтеза типов интеллектуализированных роботов-разведчиков (ИРР), как по средам функционирования, так и по уровню искусственного интеллекта;

3) разработка средств и методов оптимального проектирования компонент ИАС_tir с учетом темпорально-стоимостного критерия;
4) формирование компонент новых ИТ, направленных на расширение функциональных возможностей имеющихся типов мобильных ИРР для включения их в разрабатываемый ТИР для задач доразведки и нейтрализации ТЭП;
5) проектирование компонент ИТ для имитационного моделирования функционирования вариантов, спроектированных ИРР;
6) проведение апробации разработанных принципов виртуального проектирования ИРР для задач обследования объектов техносферы во внештатных ситуациях, усложненных нестационарностью внешней среды.

Разработанные общие принципы создания ИТ как элементов ИАС принятия решений в сложной природно-технической системе получили практическую апробацию в ряде задач адаптивного управления производственными процессами хозяйств Украинской железной дороги, обследования подводного нефтепровода, на производствах металлургического комплекса и горнодобывающей промышленности, решенных по заказу государственных предприятий.

Задачи разработки информационных компонент технического задания на интеллектуальную систему «УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП» сформулированы на базе математической модели, указанной ниже.

В связи с численным моделированием размера и формы зоны влияния ТЭП рассмотрен класс V управляющих воздействий, для которого существует решение задачи (начальной, краевой или начально-краевой):

$$M:\quad t, \underline{x} \rightarrow \Phi(t, \underline{x}) \in H, \quad t, \underline{x} \in D\ , \tag{1}$$

уравнение эволюции вектора-функции $\Phi(t, \underline{x})$:

$$Q_U\, \Phi(t, \underline{x}) = W(t, \underline{x}), \tag{2}$$

где $W(t, \underline{x}) \in F$, F – функциональное пространство, которому принадлежит математическая модель $W(t, \underline{x})$ постоянно действующего источника; оператор Q_U – нелинейный, зависимый от времени t, неограниченный и зависимый от нестационарного управления $U(t) \in V$.

Для всех $U(t) \in V$ при $t \in (0, T)$ можно ставить задачу синтеза такого управления $U^*(t) \in V$, для которого решение уравнения:

$$Q_U{}^*\, \Phi(t, \underline{x}) = W(t, \underline{x}) \tag{3}$$

удовлетворяет необходимому критерию управляемости:

$$\Phi_1(t, x) < \Phi(t, x) < \Phi_2(t, x), \qquad t \in (0,T) \tag{4}$$

с некоторыми заданными мажорирующими функциями Φ_1 і Φ_2 з пространства V.

Критерий управляемости (4) в разных предметных областях выбирается индивидуально. Например, для ИРР затонувшего подводного объекта (рис. 1) [18] двухсторонние ограничения возможных траекторий вытекают из требования к роботу проехать вблизи необходимого участка поверхности обследуемого объекта с условием минимизации риска быть захваченным потоком вихревых придонных течений за корпусом обследуемого затонувшего объекта.

Временная диаграмма (рис. 2) отображает взаимодействие бортового компьютера с сервером ситуационного центра, а также разграничивает действия, выполняемые в дистанционно-управляемом и автономном режимах [19].

Предложенные технологии виртуального проектирования позволяют снизить экономический ущерб для народного хозяйства, сохранить здоровье и жизнь людей

за счет реализации ИТ сокращения жизненного цикла, развивающегося ТЭП. Особенно важным для практики является то, что предложенные ИТ можно использовать не только для сокращения жизненного цикла ТЭП известных типов, а также для тех типов ТЭП, которые не встречались. Например, в работе [20] рассмотрена задача моделирования гравитационного потенциала сосредоточенной массы, заглубленной в многослойной литосфере.

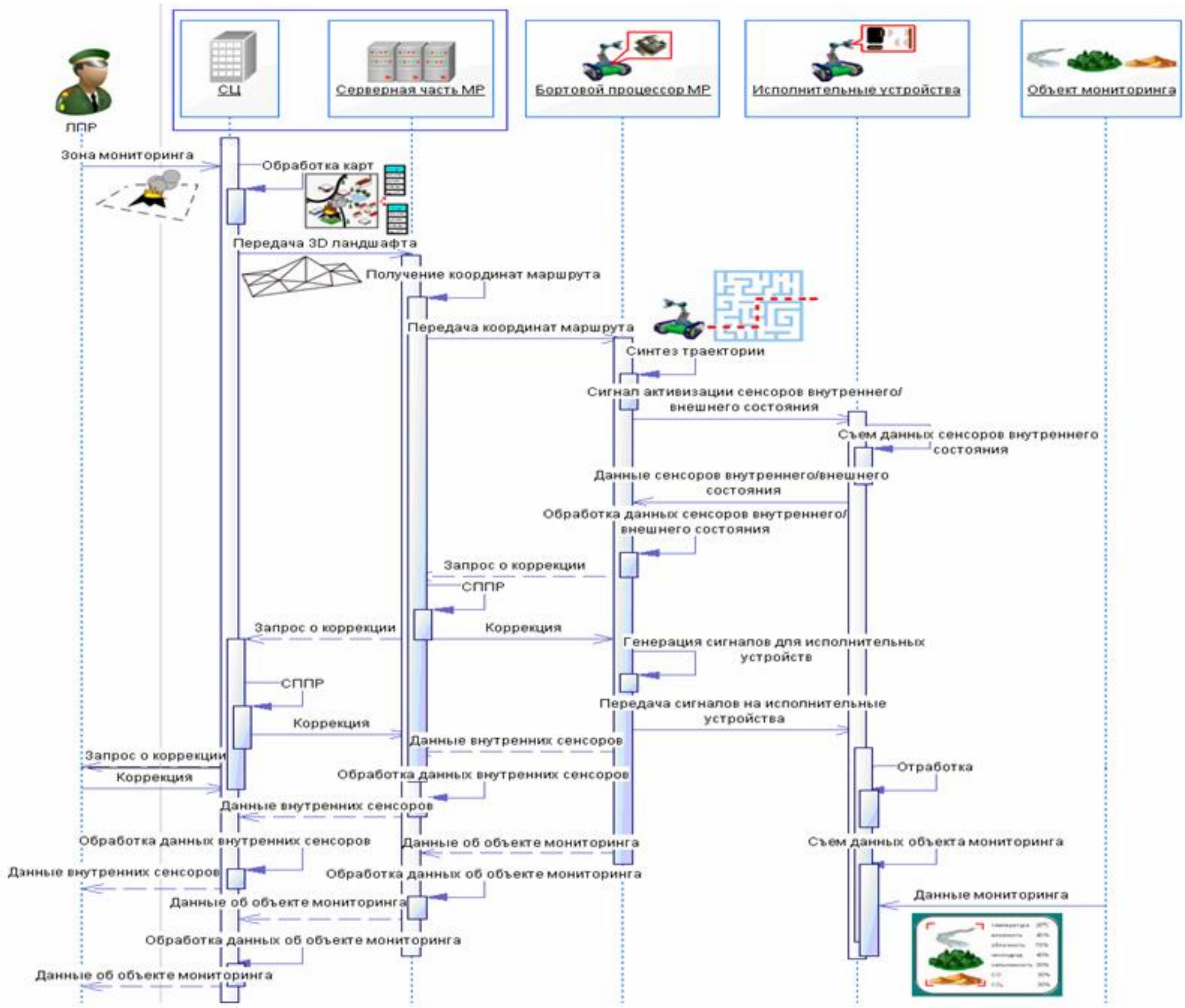


Рис. 2. Решение задачи моделирования поведения интеллектуализированного робота-разведчика при обследовании объекта мониторинга в условиях техно-экологического происшествия

Выводы

Авторы излагают свои доводы о целесообразности использования в экспедиционных работах в Восточной Антарктиде для мониторинга ледников континентального шельфа, в частности, сейсмографов и новейших технологий исследований техно-экологических происшествий (ТЭП), разработанных в Институте кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины, с применением оригинальных подводных автономных аппаратов Консорциума BALTROBOTICS, имеющих видеосвязь и специальные технологии искусственного интеллекта.

Указана возможность применения элементов технологи «УПРАВЛЕНИЕ_ТЭП» для доставки измерительных сенсорных комплексов в зону регистрируемого состояния конкретного ледника континентального шельфа.

Література

1. Писаренко В.Г., Корнеев С.В., Кузько А.В. Об актуальности экспедиции в Восточную Антарктиду для мониторинга возможных признаков таяния ледников континентального шельфа // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. - 2016. – № 15. – С. 149-155.
2. Schenke H.W., Udintsev G.B. The Central Scotia SeaFloor – is it an Paleo-Oceanic Plate, an young rifted plate or an Paleo-Land Scotia? //УАЖ. - 2009. - № 8. - С. 36–45.
3. Greku H.W., Gozhik R.F. et al. Atlas of Antarctic deep structure with gravimetric topogrfphy// УАЖ. - 2009. - № 8. -С. 32–35.
4. Удинцев Г.Б., Береснев А.Ф., Кольцова А.В., Доморацкая Л.Г., Шенке Г.В., Отт Н., Бейер А., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. О геодинамике тектонического пояса пролива Дрейка – моря Скоша, Южный океан // Український антарктичний журнал. - 2011–2012. - № 10–11. - С. 26–35.
5. Yegorova T., Bakhmutov V., Gorbarenko V., Liashchuk A. New insight into the deep structure of Antarctic peninsula // УАЖ. - 2009. - № 8.- С. 46–66.
6. Лемзиков В.К., Лемзиков М.В. Изучение механизмов очагов слабых вулканических землетрясений в период подготовки и извержения вулкана Корякский (2008–2009 гг.) // Вулканология и сейсмология. - 2015. - № 6. - С. 34–43.
7. Ботт М. Внутреннее строение Земли. М.: Изд-во «Мир». 1974. 375 с.
8. Писаренко Г.С., Писаренко В.Г. О возможной связи процессов разгрузки тектонических напряжений с динамикой Солнечной системы // АН УССР.- Киев: Институт проблем прочности. - 1991. - 60 с.
9. Писаренко Г.С., Писаренко В.Г. Некоторые задачи нелинейной механики в геофизике, планетологии и проблемах прочности материалов. Проблемы прочности. - 2000. - № 5. - С. 85–105.
10. Queen Elizabeth Range. Інформаційна система географічних назв. Геологічна служба США (USGS). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Queen_Elizabeth_Range_(Antarctica)
11. Тимофеев В.К. Диагноз и прогноз ледовых условий в р-не Антарктического полуострова // УАЖ.-2013. - № 12. - С. 93–112.
12. Калифарска Н.А., Бахмутов В.Г., Мельник Г.В. Загадка изменения климата Антарктики и ее связь с геомагнитным полем // УАЖ.- 2013.- № 12.- С. 350–357.
13. Третьяк К.Р., Глотов В.М., Голубінка Ю.І. Значення поверхневих об'ємів острівних льодовиків Антарктичного узбережжя як показник зміни кліматичних умов // УАЖ. -2013. -№ 12. -С. 93–112.
14. Руленко О.П., Марапулец Ю.В., Мищенко М.А. Анализ проявления связи между высокочастотной геоакустической эмиссией и электрическим полем в атмосфере у поверхности Земли // Вулканология и сейсмология. - 2014. - № 3. - С. 53–64.
15. Кузько О.В., Савченко В.В., Фендчук А.П. Національні інтереси України в Антарктиці: кількісні характеристики // УАЖ. - 2013. - № 12. - С. 350–357.
16. Геофизика океана // Часть 2 // Геофизика океана //Глава 5 // Тектоника литосферных плит // Гл. ред. Монин А.С.- М.: Наука. - 1979.- 416 с.
17. Писаренко В.Г., Писаренко Ю.В. О задаче распознавания звуковых образов при акустическом общении животных и рыб: обзор информационных материалов для проекта «Антарктические исследования биоразнообразия региона Южного океана в русле программы «Горизонт 2020»». // Темат. сб. научн. статей «Интеллектуальное управление в сложных системах». Киев. - Вып. 9. - 2015.- С.17–19.
18. Писаренко В.Г., Корнеєв С.В., Писаренко Ю.В. Методи і засоби дослідження техно-екологічних подій // Тези 17-ої Міжнародної наукової конференції імені академіка Михайла Кравчука (19-20 травня 2016 р., Київ, НТУУ «КПИ»), Т. 1 (Диференціальні та інтегральні рівняння, їх застосування). – Т. 1. - 2016. - С. 226-229.
19. Мелкумян Е.Ю., Писаренко Ю.В., Стенин А.А. Экстремальная робототехника в автоматизированном мониторинге техно-экологических происшествий. – Киев: НТУУ «КПИ». – 2014. – 124 с.
20. Писаренко В.Г., Варава И.А., Корнеев С.В., Кузько А.В. О точности определения координат аномалии масс под земной поверхностью по данным численной модели гравитационного поля, измеренного наземным гравиметром // Штучний інтелект. - 2016 №3 (73). - С. 137-143.

Literatura

1. Pisarenko V.G., Korneev S.V., Kuzko A.V. Ob aktualnosti ekspeditsii v Vostochnuyu Anterktidu dlya monitoringa vozmozhnyh priznakov tayaniya lednikov kontinentalnogo shelfa // Kompyuterni zasoby, merezhi ta systemy. – 2016. – № 15. – S. 149-155.
2. Schenke H.W., Udintsev G.B. The Central Scotia SeaFloor – is it an Paleo-Oceanic Plate, an young rifted plate or an Paleo-Land Scotia? // UAZh. -2009. - № 8. - S. 36–45.
3. Greku H.W., Gozhik R.F. et al. Atlas of Antarctic deep structure with gravimetric topogrfphy // UAZh. - 2009. - № 8.- S. 32–35.
4. Udintsev G.B., Beresnev A.F., Koltsova A.V., Domoratskaya L.G., Shenke G.V., Ott N., Beier A., Bahmutov V.G., Soloviev V.D. O geodinamike tektonicheskogo poyasa proliva Dreika – moray Skosha, Uyjnyi ocean // Ukrainsky antarktychny jurnal.- 2011–2012. - № 10–11.- S. 26– 35.

5. Yegorova T., Bakhmutov V., Gorbarenko V., Liashchuk A. New insight into the deep structure of Antarctic peninsula // UAZh.- 2009.- № 8.-S. 46–66.
6. Lemzikov V.K., Lemzikov M.V. Izuchenie mehanizmov ochagov slabyh vulkanicheskih zemletryasenij v period podgotovki i izverjeniya vulkana Koryaksky (2008 –2009) // Vulkanologiya i seismologiya.- 2015. - № 6. -S. 34–43.
7. Bott M. Vnutrennee stroenie Zemli. M.: Iz-vo «Mir». -1974.- 375 s.
8. Pisarenko G.S., Pisarenko V.G. O vozmojnoi svyazi protsessov razgruzki tektonicheskih napryajenij s dinamikoj Solnechnoj sistemy // AN USSR.- Kiev: Institut problem prochnosti. - 1991. 60 s.
9. Pisarenko G.S., Pisarenko V.G. Nekotorye zadachi nelineinoj mehaniki v geofizike, planetologii i problem prochnosti materialov // Problemy prochnosti.- 2000.- № 5. -S. 85–105.
10. Queen Elizabeth Range. Informatsiina systema heohrafichnykh nazv. Heolohichna sluzhba SShA (USGS). [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: https://en.wikipedia.org/wiki/Queen_Elizabeth_Range_(Antarctica)
11. Timofeev V.K. Diagnoz i prognoz ledovyh uslovij v raione Antarkticheskogo poluostrova // Ukrainsky antarktychny jurnal. -2013. -№ 12. -S. 93–112.
12. Kalifarska N.A., Bahmutov V.G., Melnik G.V. Zagadka izmenenija klimata Antarktiki i ee svyaz s geomagnitnym polem // Ukrainsky antarktychny jurnal. -2013. -№ 12. -S. 350–357.
13. Tretyak K.R., Glotov V.M., Golubinka Yu.I. Znachennya poverhnevyh obemiv ostivnyh lodovykav Antarktychnogo uzberejjya yak pokaznyk zminy klimatychnyh umov // Ukrainsky antarktychny jurnal. -2013. -№ 12. -S. 93–112.
14. Rulenko O.P., Marapulets Yu.V., Mishenko M.A. Analiz proyavleniya svyazi mejdu vysokochastotnoj geoakusticheskoj emissiej i elektricheskim polem v atmosphere u poverhnosti Zemli // Vulkanologiya i seismologiya. -2014.- № 3. -S. 53–64.
15. Kuzko O.V., Savchenko V.V., Fenfchuk A.P. Natsionalni interesy Ukrainy v Antarktytsi: kilkisni harakterystyky // Ukrainsky antarktychny jurnal. -2013.- № 12. -S. 350–357.
16. Geofizika okeana // Chast 2 // Geofizika okeana // Glava 5 // Tektonika litosfernyh plit // Gl. red. Monin A.S. - M.: Nauka. - 1979. - 416 s.
17. Pisarenko V.G., Pisarenko Yu.V. O zadache raspoznavaniya zvukovyh obrazov pri akustucheskom obshenii jyvotnyh i ryb: obzor informatsyonnyh materialov dlya proekta «Antarkticheskie issledovaniya bioraznoobraziya regiona Yujnogo okeana v rusle programmy «Gorizont 2020»». Temat. sb. nauchn. Statei «Intellectualnoe upravlenie v slojhyh sistemah».-Kiev. -Vyp. 9. -2015. -S.17–19.
18. Pisarenko V.G., Korneev S.V., Pisarenko Yu.V. Metody i zasoby doslidjennya tehno-ekologichnyh podij // Tezy 17-oji Mijnarodnoji naukovoji konferentsiji imeni akademika Myhajla Kravchuka (19-20 travnya 2016 r., Кyjiv, NTUU "KPI"), Т. 1 (Dyferentsialni ta integralni rivnyannya, jih zastosuvannya). – Т. 1. - 2016. - S. 226-229.
19. Melkumyan E.Yu., Pisarenko Yu.V., Stenin A.A. Ekstremalnaya robototehnika v avtomatizirovannom monitiringe tehno-ekologicheskih proishestvij. – Kiev: NTUU «KPI». – 2014. – 124 s.
20. Pisarenko V.G., Varava I.A., Korneev S.V., Kuzko A.V. O tochnosti opredeleniya koordinat anomalii mass pod zemnoj poverhnostyu po dannym chislennoj modeli gravitatsyonnogo polya, izmerennogo nazemnym gravimetrom // Shtuchnyj intellect. – 2016. – №3 (73).-S. 137-143.

RESUME

V.G. Pisarenko, S.V. Кorneev, A.V. Кuzko

About application of underwater robots for expeditionary tasks for the monitoring of glaciers on continental shelf of the Eastern Antarctica

It is important to assess the risks of activating the melting of Antarctica glaciers because of the possible influence of local volcanic activity (for example, with low energy release). The article describes the arguments about the expedition in East Antarctica for predicting volcanic activity for study the melting of glaciers.

The authors state their arguments about the expediency of using in expeditionary work in East Antarctica to monitor the glaciers of the continental shelf, in particular, seismographs and the latest technologies for researching techno-ecological incidents (TEI).

The technologies are developed in the Institute of Cybernetics named after V.M. Hlushkov National Academy of Sciences of Ukraine, using the original underwater autonomous devices of the Consortium BALTROBOTICS, having video communication and special technologies of artificial intelligence. These studies are conducted as a result of the authors' intention to organize and perform expeditionary work in East Antarctica with the intention of obtaining direct registration as soon as possible:

1) expected signs of correlation (in space-time) of activation of tectonic and volcanic activity on the Antarctic continent;
2) observed signs of accelerated melting of some glaciers in the local territories of the continental shelf.

According to the results of the expedition, it is planned to provide an information base for obtaining means for forecasting zones and periods of the expected activation of tectonic and volcanic activity in a number of territories of the Antarctic continent.

It is planned to use for these purposes signs of the possible generality of the genesis of the "volcanic populations" of South America and Western Antarctica, as indicated, inter alia, by the recent results of the deepwater drilling of the ocean floor of the Drake Channel, as well as the expected predictability of weak earthquakes of terrestrial rocks covered by Antarctic glaciers.

The possibility of using the elements of the "CONTROL_TEI" technology for the delivery of measuring sensor complexes to the zone of the registered state of a specific glacier of the continental shelf is indicated.

The proposed virtual design technologies can reduce economic losses for the national economy, preserve health and people's lives through the implementation of IT reduction in the life cycle of the TEI.

Particularly important for practice is that the proposed IT can be used not only to reduce the life cycle of TEI of known types, but also for the types of TEI that have not been encountered. For example, in [20] the problem of modeling the gravitational potential of a concentrated mass buried in a multilayered lithosphere is considered.

Надійшла до редакції 03.10.2017

